ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.00567v1

真菌产与细菌产木聚糖酶对黄羽肉鸡生长性能、小肠绒毛形态和血液生化指标影响的比较

陈凤鸣　陈清华*　王　雄　丁增辉

（湖南农业大学动物科学技术学院，长沙　410128）

摘　要：本文旨在探讨2种木聚糖酶对黄羽肉鸡生长性能、消化器官发育、小肠绒毛形态和血液生化指标的影响。将1日龄健康黄羽肉鸡540羽随机分成3组，每组6个重复，每重复30羽。对照组饲喂玉米－小麦－豆粕型基础饲粮，试验A组、B组分别饲喂基础饲粮＋200 g/t真菌产木聚糖酶、基础饲粮＋200 g/t细菌产木聚糖酶。试验期42 d。结果显示：与对照组相比，1）试验组平均日增重显著提高（P<0.05），料重比均有一定程度的降低，其中试验A组显著降低（P<0.05）；2）试验组血清葡萄糖含量及碱性磷酸酶和肌酸激酶活性显著提高（P<0.05），血清中甘油三脂、尿素氮含量显著降低（P<0.05）；3）试验组腺胃和胰腺相对重量显著降低（P<0.05）；4）试验A组、B组空肠绒毛高度分别提高了14.81％和11.04%（P<0.05），空肠绒毛高度/隐窝深度值分别提高了16.61%和12.70%(P<0.05)。由此可知，在黄羽肉鸡饲粮中添加200 g/t真菌或细菌产木聚糖酶，均能改善小肠绒毛发育和机体的免疫力，提高生长性能，且2种酶之间效果差异不显著。

关键词：木聚糖酶；小麦型饲粮；黄羽肉鸡；小肠绒毛

中图分类号：S816.7　　文献标识码：　　文章编号：

小麦是一种优质的能量饲料，常常在家禽饲料中部分替代玉米使用，能够降低饲料成本。小麦中蛋白质、氨基酸、钙和有效磷等养分含量均高于玉米，但小麦中的阿拉伯木聚糖含量较高，约占8%[1]，这限制了小麦在畜禽饲粮中的大量应用。许多研究证实，小麦型饲粮中添加木聚糖酶可消除或降低阿拉伯木聚糖的抗营养作用，降低肠道食糜黏度，改善对养分的消化吸收和代谢状况，调节血液代谢激素水平，提高家禽的生产性能[2-5]。木聚糖酶按照来源可分为真菌产和细菌产木聚糖酶，其中大部分木聚糖酶来源于真菌，主要包括木霉属真菌、黑曲霉属真菌和米曲霉属真菌等。细菌来源的木聚糖酶主要来源于荧光假单胞菌纤维亚种、产黄瘤胃球菌、粪碱纤维单胞菌、凝结纤维弧菌、解糖热纤菌和热纤梭菌等[6]。真菌产木聚糖酶和细菌产木聚糖酶两者的酶谱组成、作用方式和特性都存在差异[7]，但目前比较其作用效果差异及其作用机理的研究报道较少。为此，本试验以黄羽肉鸡作为试验动物，选用玉米－小麦－豆粕型饲粮，比较研究真菌产木聚糖酶和细菌产木聚糖酶对黄羽肉鸡生长性能、消

收稿日期：2016－01－21

基金项目：“十二五”农村领域国家科技计划课题——新型饲料用酶制剂创制与应用及安全高效饲料添加剂创制与应用(2013BAD10B00)；湖南农业大学技术合作项目——酶制剂应用效果评估技术体系的研究(13118)

作者简介：陈凤鸣（1991－），男，安徽安庆人，硕士研究生，从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: 747407881@qq.com

*通信作者：陈清华，副教授，硕士生导师，E-mail: chqh314@163.com

化器官发育、小肠绒毛形态以及血液生化指标的影响，为木聚糖酶制剂的开发及其在黄羽肉鸡饲料生产中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用真菌（里氏木霉）产木聚糖酶和细菌（芽孢杆菌转基因菌）产木聚糖酶，活性均为30 000 IU/g，由山东隆大生物工程有限公司提供。酶活性单位定义：在37 ℃、pH 5.5条件下，每分钟释放出1 μmol还原糖所需要的酶量为1个酶活性单位，用IU表示。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

选择 1 日龄黄羽肉鸡 540 只，随机分成 3 组，每组 6 个重复，每个重复 30 只，公母混养。对照组饲喂玉米－小麦－豆粕型基础饲粮，试验 A 组饲喂在基础饲粮中添加 200 g/t 真菌产木聚糖酶的饲粮，试验 B 组饲喂在基础饲粮中添加 200 g/t 细菌产木聚糖酶的饲粮。试验期为 42 d

1.2.2 基础饲粮

基础饲粮参照《NY/T 33—2004 鸡饲养标准》和 NRC（1994）肉鸡营养需要标准配制。基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content	
	1~21 日龄 1 to 21 days of age	22~42 日龄 22 to 42 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	30.00	27.71
豆粕 Soybean meal	33.00	25.00
小麦 Wheat	30.00	40.00
豆油 Soybean oil	3.30	4.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.78	1.45
石粉 Limestone	1.20	1.18
食盐 NaCl	0.30	0.30
蛋氨酸 Met	0.14	0.06
赖氨酸 Lys	0.08	0.10
预混料 Premix[1)]	0.20	0.20
合计 Total	100.00	100.00

chinaXiv:201711.00567v1

项目 Items	含量 Content	
	1~21 日龄 1 to 21 days of age	22~42 日龄 22 to 42 days of age
营养水平 Nutrient levels[2)]		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.16	12.56
粗蛋白质 CP	20.85	18.50
钙 Ca	0.98	0.86
总磷 TP	0.68	0.65
有效磷 AP	0.45	0.40
赖氨酸 Lys	1.05	0.90
蛋氨酸 Met	0.46	0.37
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.83	0.72

1)预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kilogram of diets:VA 12 000 IU，VD_3 2 500 IU，VE 20 IU，VK_3 3.2 mg，VB_1 3.0 mg，VB_2 10.0 mg，VB_6 6.0 mg，生物素 biotin 0.1 mg，泛酸 pantothenic acid 20.0 mg，叶酸 folic acid 1.25 mg，氯化胆碱 choline chloride 1 000 mg，Fe 100 mg，Zn 110 mg，Mn 110 mg，Cu 10 mg，I 0.5 mg，Se 0.15 mg。

2)代谢能、有效磷、氨基酸为计算值，其余为实测值。ME, AP and amino acids were calculated values, and the others were measured values.

1.2.3 饲养管理

采用 3 层全阶梯式笼养，自由采食，自由饮水。按照肉鸡常规饲养管理制度进行管理。每天观察和记录舍内温度和湿度，观察鸡群健康状况，及时处理病死鸡并记录。

1.3 指标测定及方法

1.3.1 生长性能的测定

试验期间每天按重复记录饲料采食量和病死鸡情况，于 42 日龄 08:00 进行试验鸡称重(提前 12 h 禁食)，记录各重复剩余饲料的重量，以重复为单位统计饲料耗料量，并计算各组平均日增重、平均日采食量和料重比等数据。

1.3.2 消化器官相对重量的测定及小肠绒毛形态观察

1.3.2.1 消化器官相对重量的测定

试验第42天，每个重复随机选取1只鸡，每组共计6只鸡，屠宰，剖开腹腔，取出肌胃(去除内容物及砂囊内壁)、腺胃、胰腺，剔除脂肪后称鲜样重，并计算其与体重的相对重量。

消化器官相对重量(g/kg)=消化器官重量(g)/活重(kg)。

1.3.2.2 小肠绒毛形态观察及测定

试验鸡只屠宰时取出空肠和回肠，各剪取中段2 cm左右，小心用镊子夹取用生理盐水冲洗，贴于滤纸展平修剪，分别放入10%甲醛溶液中浸泡保存，固定24 h以上。然后进行洗涤、

chinaXiv:201711.00567v1

脱水、透明、浸蜡、包埋、修块、切片、苏木素－伊红染色，封片烘干后电子显微镜下观察肉鸡肠黏膜形态结构，选取典型视野进行拍照，并应用DT2000通用图象分析软件2.0测量肉鸡空肠和回肠的绒毛高度、隐窝深度。每个指标取6个读数的平均值，并计算绒毛高度/隐窝深度。

1.3.3　血清生化指标的测定

试鸡采用颈部静脉采血，采血 10～20 mL 将装有血样的离心管倾斜放置，让血液自然凝固 30 min，再以 3 500 r/min 离心 10 min，分离血清，置于－20 ℃冰箱中冷冻保存。采用脲酶法测定血清尿素氮含量，采用氧化酶法测定血清葡萄糖含量，采用酶速率法测定碱性磷酸酶活性，采用双缩脲法测定血清总蛋白含量，采用酶法测定甘油三酯含量，采用酶偶联法测定肌酸激酶活性，采用电化学法测定三碘甲状腺原氨酸、四碘甲状腺原氨酸和胰岛素样生长因子含量，采用放射免疫分析法测定生长激素含量，具体操作步骤按照试剂盒说明书进行。

1.4　数据统计分析

采用SPSS 19.0软件ANOVA程序进行单因素方差分析，并用Duncan氏法进行多重比较，*P*<0.05为差异显著。各组数据均以平均值±标准差(mean±SD)表示。

2　结果与分析

2.1　不同来源木聚糖酶对黄羽肉鸡生长性能的影响

由表2可见，与对照组相比，试验A组和B组肉鸡平均日增重显著提高(*P*<0.05)；试验A组料重比显著降低(*P*<0.05)，试验B组料重比也降低，但差异不显著(*P*>0.05)。试验A组和B组之间的平均日采食量、平均日增重和料重比均差异不显著(*P*>0.05)。结果表明：2种木聚糖酶均能提高肉鸡的生长性能，且两者之间差异不显著。

表2　不同来源木聚糖酶对1～42日龄肉鸡生长性能的影响

Table 2　Effects of different sources of xylanase on growth performance of broilers aged from 1 to 42 days

项目 Items	对照组 Control group	试验 A 组 Experimental group A	试验 B 组 Experimental group B
初重 Initial BW/g	38.54±0.49	38.57±0.51	38.49±0.42
末重 Final BW/g	1 655.61±16.48^{b}	1 872.71±15.01^{a}	1 802.91±14.77^{a}
平均日采食量 ADFI/g	81.65±5.22^{b}	85.19±4.37^{a}	86.77±5.05^{a}
平均日增重 ADG/g	38.50±3.12^{b}	43.67±5.44^{a}	42.01±4.57^{a}
料重比 F/G	2.11±0.15^{a}	1.95±0.21^{b}	2.05±0.11^{ab}

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)，相同小写字母或无字母表示差异不显著(*P*>0.05)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with the same letter or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

chinaXiv:201711.00567v1

chinaXiv:201711.00567v1

2.2　不同来源木聚糖酶对肉鸡消化器官相对重量的影响

由表3可见，与对照组相比，试验A组、B组的腺胃相对重量分别降低了19.44％(P<0.05)、19.23％(P<0.05)，胰腺相对重量分别降低了8.09％(P<0.05)、6.94％(P<0.05)，肌胃相对重量差异不显著(P>0.05)。试验A组和B组肉鸡消化器官相对重量均无显著性差异(P>0.05)。结果表明：2种木聚糖酶均能降低肉鸡消化器官相对重量，且显著降低了腺胃和胰腺相对重量。

表3　不同来源木聚糖酶对肉鸡消化器官相对重量的影响

Table 3　Effects of different sources of xylanase on the relative weight of digestive organs of broilers　　g/kg

项目 Items	对照组 Control group	试验 A 组 Experimental group A	试验 B 组 Experimental group B
腺胃相对重量 Proventriculus relative weight	4.68±0.41[a]	3.77±0.37[b]	3.78±0.23[b]
肌胃相对重量 Gizzard relative weight	8.25±0.12	7.91±0.63	7.95±0.48
胰腺相对重量 Pancreas relative weight	1.73±0.16[a]	1.59±0.28[b]	1.61±0.37[b]

2.3　不同来源木聚糖酶对小肠绒毛形态的影响

由表4可见，与对照组相比，试验A组、B组的空肠绒毛高度分别提高了14.81％（P<0.05）、11.04%（P<0.05）；添加木聚糖酶有降低空肠隐窝深度的趋势（P>0.05），显著提高空肠绒毛高度/隐窝深度值达16.61%和12.70%(P<0.05)。同时，与对照组相比，试验A组、B组的回肠绒毛高度均显著提高(P<0.05)，但隐窝深度没有显著差异（P>0.05），试验A组的回肠绒毛高度/隐窝深度值显著大于对照组(P<0.05)，但试验B组回肠的绒毛高度/隐窝深度值与对照组没有显著差异（P>0.05）。试验A组、B组之间各指标均无显著差异（P>0.05）。

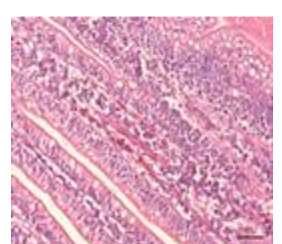
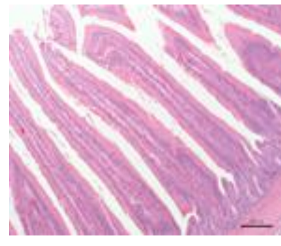
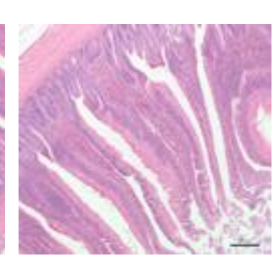
肉鸡空肠、回肠石蜡切片（图1和图2）的观察结果表明，对照组绒毛发育不良，破损较严重，长度较短，排列不规则，有少量脱落现象；试验A组、B组的十二指肠绒毛较对照组发育良好，绒毛变长，外形整齐规则，排列密集，其中以试验A组的绒毛长度较长，轮廓清晰，发育较好。

表4　不同来源木聚糖酶对肉鸡空肠、回肠绒毛形态的影响

Table 4　Effects of different sources of xylanase on villus morphology of jejunum and ileum of broilers

项目 Items	对照组 Control group	试验 A 组 Experimental group A	试验 B 组 Experimental group B
空肠 Jejunum			
绒毛高度 Villus height/μm	984.48±6.49[b]	1 130.27±8.31[a]	1 093.18±5.27[a]
隐窝深度 Crypt depth/μm	160.25±6.13	157.91±5.67	157.95±5.49

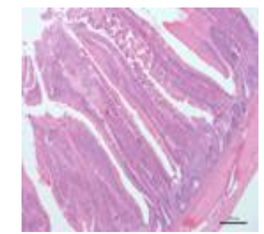
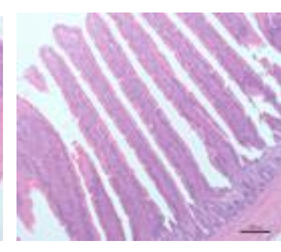
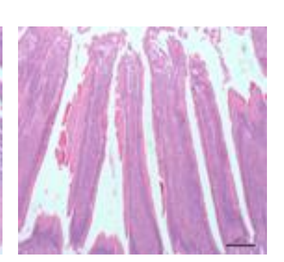
绒毛高度/隐窝深度 Villus height/crypt depth	6.14±0.36 [b]	7.16±0.29[a]	6.92±0.17[a]
回肠 Ileum			
绒毛高度 Villus height/μm	979.48±5.41[b]	1 030.27±5.30[a]	1 024.18±5.17[a]
隐窝深度 Crypt depth/μm	154.97±5.18	147.78±4.63	155.95±5.42
绒毛高度/隐窝深度 Villus height/crypt depth	6.32±0.16[b]	6.97±0.28[a]	6.57±0.37[ab]

对照组 Control group　　试验A组 Experimental group A　　试验B组 Experimental group B

图1　肉鸡空肠绒毛形态切片图

Fig.1　The slice figure of jejunum villus morphology of broilers (400×)

对照组 Control group　　试验A组 Experimental group A　　试验B组 Experimental group B

图2　肉鸡回肠绒毛形态切片图

Fig.2　The slice figure of ileum villus morphology of broilers （400×）

2.4　不同来源木聚糖酶对肉鸡血清生化指标的影响

由表5可见，与对照组相比，试验A组、B组血清尿素氮含量分别显著降低了12.19%、10.98%（P<0.05）；碱性磷酸酶活性分别显著提高了69.40%、55.19%（P<0.05）；甘油三酯含量分别显著降低了40.23%、36.78%（P<0.05）；葡萄糖含量分别显著提高了25.06%、15.63%（P<0.05）；试验A组血清生长激素含量显著提高了9.09%（P<0.05），试验B组有提高但不显著（P>0.05）；试验A组、B组肌酸激酶活性较对照组分别显著提高了21.90%、14.41%（P<0.05）；试验A组、B组之间各指标差异不显著（P>0.05）。同时，各组的血清总蛋白、胰岛素样生长因子、三碘甲状腺原氨酸和四碘甲状腺原氨酸含量没有显著差异（P>0.05）。结果表明：2种木聚糖酶均能显著降低血清尿素氮和甘油三酯含量，显著提高血清碱性磷酸酶和肌酸激酶活性以及葡萄糖含量，但对血清总蛋白、胰岛素样生长因子、三碘甲状腺原氨

chinaXiv:201711.00567v1

酸和四碘甲状腺原氨酸含量没有显著影响。

表5　不同来源木聚糖酶对肉鸡血清生化指标的影响

Table 5　Effects of different sources of xylanase on serum biochemical indices of broilers

项目 Items	对照组 Control group	试验 A 组 Experimental group A	试验 B 组 Experimental group B
总蛋白 TP/(g/L)	33.67±1.63	33.83±1.94	32.50±2.88
尿素氮 UN/(mmol/L)	0.82±0.18[a]	0.72±0.23[b]	0.73±0.07[b]
碱性磷酸酶 ALP/(U/mL)	1.83±0.36[b]	3.10±0.10[a]	2.84±0.12[a]
肌酸激酶 CK/(U/mL)	3.47±0.14[b]	4.23±0.58[a]	3.97±0.53[a]
甘油三酯 TG(mmol/L)	0.87±0.30[a]	0.52±0.14[b]	0.55±0.17[b]
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	8.70±2.77[b]	10.88±0.55[a]	10.06±1.57[a]
胰岛素样生长因子 IGF/(μg/L)	12.42±1.28	13.41±1.37	12.44±0.55
生长激素 GH/(μg/L)	9.57±0.32[b]	10.44±0.74[a]	9.99±0.74[ab]
三碘甲腺原氨酸 T3/(mg/L)	0.25±0.02	0.27±0.01	0.26±0.01
四碘甲腺原氨酸 T4/(mg/L)	0.09±0.04	0.11±0.01	0.13±0.04

3　讨　论

3.1　不同来源木聚糖酶对肉鸡生长性能的影响

饲料生产中，小麦因含有较高的阿拉伯木聚糖而被限制大量使用，而木聚糖酶能够破坏阿拉伯木聚糖抗营养因子的完整性，从而减小原材料的黏度，促进动物对饲料营养物质的消化吸收，提高动物的生产性能[8]。大量研究表明，在小麦型饲粮中添加木聚糖酶可改善家禽的生长性能[9-11]。吕秋凤等[12]在玉米－小麦型基础饲粮中添加真菌酸性、中性木聚糖酶、细菌中性木聚糖酶和组合酶，结果发现，木聚糖酶可显著降低 1～21 日龄、22～42 日龄肉仔鸡的料重比和平均日采食量，且组合酶效果要优于单酶。本试验结果表明，2 种木聚糖酶均能显著提高肉鸡平均日增重，降低料重比，同时发现真菌产木聚糖酶降低料重比的幅度高于细菌产木聚糖酶，这可能与不同来源木聚糖酶中的酶系组成、酶学特性、作用机理等有关。

3.2　不同来源木聚糖酶对肉鸡消化器官相对重量的影响

消化道的发育程度决定了动物的生长速度，消化道发育一方面表现在消化生理功能上的成熟，另一方面表现在消化器官指数的变化[13]。研究表明，消化器官的相对重量与肠道的食糜黏度存在相关性，肠道食糜黏度越大，消化器官的相对重量就越大[14]。同时，在含有非淀粉多糖的饲粮中添加非淀粉多糖酶对肠道重量有一定的降低作用。王金全等[14]报道，在肉鸡小麦饲粮中添加木聚糖酶有降低肠道重量的趋势，木聚糖酶可使肉鸡的胰脏、肝脏、小肠、肌胃、腺胃消化器官的相对重量有所减轻，但差异不显著。吕秋凤等[11]试验表明，添加不同的木聚糖酶对肉鸡的腺胃和胰腺的相对重量均有降低的趋势，其中添加30 000 U/g

chinaXiv:201711.00567v1

未包被木聚糖酶组的降低幅度最大，效果最好。本试验中，木聚糖酶对肉鸡的肌胃相对重量没有影响，但显著降低了肉鸡的腺胃和胰腺相对重量。分析其原因可能是木聚糖酶加快了非淀粉多糖在胃部的降解速度，使食糜黏度降低，养分代谢率提高，从而减轻了消化道的负担，降低了肉鸡消化器官的相对重量。通常认为小麦中的水溶性木聚糖是家禽饲粮中非淀粉多糖的最主要抗营养成分，它能增加肠道内容物黏性和改变微生物菌群状况，减少底物与消化酶的接触，阻碍酶制剂的消化作用，导致消化器官的结构和功能发生改变[15]。为适应这些变化，肠道的分泌机制反馈加强，导致消化器官代偿性增生[16]。添加木聚糖酶后，小麦型基础饲粮中的木聚糖被部分水解，减弱了器官的内分泌应答，可能会使消化器官的相对重量降低。

3.3　不同来源木聚糖酶对肉鸡小肠绒毛形态的影响

小肠是家禽对营养物质吸收的主要场所，其正常结构是营养物质被充分消化与吸收的基础，特别是绒毛高度、隐窝深度及绒毛高度/隐窝深度是衡量小肠消化吸收功能的重要指标。绒毛发育主要受肠道环境的影响，而肠道的食糜黏度是肠道的重要环境因子，食糜黏度的变化与小肠绒毛的发育密切相关。本试验结果表明，木聚糖酶能显著提高空肠和回肠的绒毛高以及空肠绒毛高度/隐窝深度值，比较切片电镜图也可看出2个加酶组的小肠绒毛发育均好于对照组。蒋桂韬[7]在黄羽肉鸡的小麦型基础饲粮中添加真菌性和细菌性木聚糖酶也得到了类似的结论，十二指肠的绒毛高度增加，隐窝深度变浅，绒毛高度/隐窝深度值提高，2种酶的作用效果没有显著差异。Mathlouthi等[17]也证实，饲喂黑麦型饲粮的肉鸡小肠绒毛高度、宽度显著低于玉米型饲粮，但添加木聚糖酶和β－葡聚糖酶后，肉鸡小肠绒毛高度、宽度及绒毛高度/隐窝深度值均显著提高，肠道维持正常形态。这可能是木聚糖酶降解了小麦型饲粮中的阿拉伯木聚糖，从而降低肠道食糜黏度，使有害微生物繁殖减少，而有益微生物繁殖增加[7,18-19]，对小肠绒毛的损害减轻，甚至消失。除此之外，木聚糖酶能促进食糜中营养物质的消化，增加肠道中小分子氨基酸、低聚糖(如木二糖、木三糖)等可吸收营养物质的量，而它们可作为小肠黏膜的营养素被直接利用，从而促进小肠绒毛的生长发育[20-21]。

3.4　不同来源木聚糖酶对肉鸡血清生化指标的影响

尿素氮含量与蛋白质的利用率之间有显著的负相关关系，血清尿素氮可以较准确地反映动物体内蛋白质的代谢情况和饲粮氨基酸的平衡情况，蛋白质代谢良好时，血清尿素氮含量降低。本试验中添加木聚糖酶对肉鸡血清总蛋白含量没有显著影响，这可能与本试验选的饲粮原料组成和营养水平有关，这进一步说明血液中总蛋白的含量受饲粮类型和营养水平的影响。但 2 种木聚糖酶显著降低了血清尿素氮的含量，说明木聚糖酶对消除木聚糖的抗营养作用，降低食糜黏性，改善饲粮粗蛋白质的代谢率有良好的效果。

碱性磷酸酶是一种能水解多种类型磷脂的非特异性膜结合酶，能够参与脂肪代谢，其活性的强弱和生长密切相关。同时，血清中碱性磷酸酶的活性与成骨细胞和肝脏的排泄机能有关，且主要由成骨细胞产生并释放，与骨组织的生长密切相关，是反映成骨细胞活性及骨生

chinaXiv:201711.00567v1

成状况的生化指标，也是反映钙、磷代谢的重要指标。本试验中木聚糖酶对肉鸡碱性磷酸酶活性有着显著的影响，说明添加木聚糖酶能够促进肉鸡脂肪及钙、磷代谢，从而促进生长。

肌酸激酶是一种器官组织特异性酶，主要存在于骨骼肌、心肌和脑组织中，是参与体内能量代谢的一种酶，能可逆地催化肌酸和三磷酸腺苷（ATP）生成磷酸肌酸和二磷酸腺苷的反应。肌酸激酶在 pH 中性条件下，以促进逆反应为主，即以 ATP 生成为主，以保证组织细胞的供能。本试验发现，2 种木聚糖酶均能显著提高肌酸激酶活性，说明添加木聚糖酶能改善机体能量代谢，提高肉鸡生长性能。

甘油三酯是机体储存能量的主要形式，其含量也是研究动物体内脂类代谢的主要指标。本试验结果表明，2 种木聚糖酶均能显著降低血清甘油三酯含量，这说明添加木聚糖酶对肉鸡的脂肪代谢有一定的改善作用。

血清中的葡萄糖含量反映由肠道吸收进入血液的葡萄糖水平，与饲粮碳水化合物的消化率直接相关。张磊等[9]研究发现饲粮中添加 1 000 U/kg 木聚糖酶可显著提高肉鸡血液中葡萄糖含量；Vit 等[22]也证实小麦饲粮中添加 0.2%木聚糖酶能显著提高肉鹅血液中的葡萄糖含量。本研究结果显示，2 种木聚糖酶能显著提高肉鸡血清葡萄糖含量，推测木聚糖酶可以改善饲粮中淀粉的消化率，同时发现，真菌产木聚糖酶对其的增幅高于细菌产木聚糖酶。

三碘甲状腺原氨酸和四碘甲状腺原氨酸是广泛参与调节机体代谢的激素，可调节血清葡萄糖、脂肪、蛋白质的代谢。生长激素能将吸收的养分在各组织中重新分配，促进骨、软骨和组织的生长等。胰岛素样生长因子主要在肝脏合成，是促生长因子。本试验中，2 种木聚糖酶对肉鸡生长激素的分泌有一定促进作用，而对三碘甲状腺原氨酸、四碘甲状腺原氨酸和胰岛素样生长因子均无显著差异。这与王金全等[14]研究发现小麦基础饲粮中添加木聚糖酶对 28 日龄肉鸡血清三碘甲状腺原氨酸和四碘甲状腺原氨酸含量未见显著差异的结果相一致。但韩正康[23]研究发现，大麦型饲粮中添加粗酶制剂，可影响家禽血液代谢激素，如甲状腺素、胰岛素和生长激素含量。Kelley[24]报道添加非淀粉多糖酶后，三碘甲状腺原氨酸、生长激素等代谢激素含量显著提高。上述结果与本试验结果有差异，这可能与试验添加的酶的种类、组成和活性等不同有关。

4 结　论

玉米－小麦－豆粕型饲粮中适量添加真菌或细菌产木聚糖酶，均能改善黄羽肉鸡小肠绒毛的形态发育和免疫力，提高生长性能，且 2 种酶之间差异不显著。

参考文献：

[1] 杜懿婷.小麦替代玉米在家禽上使用的研究进展[J].饲料研究,2012(11):78－80.
[2] 苏军,陈代文.非淀粉多糖酶制剂在动物营养中的研究进展[J].家畜生态学报,2006,27(1):79–83.

chinaXiv:201711.00567v1

ChinaXiv合作期刊

[3] 汪儆,雷祖玉,应朝阳,等.戊聚糖酶对小麦、次粉日粮肉仔鸡饲养效果及表观代谢能值的影响[J].中国饲料,1996(13):14–16.
[4] MCCRACKEN K J,QUINTIN G.Metabolisable energy content of diets and broiler performance as affected by wheat specific weight and enzyme supplementation[J].British Poultry Science,2000,41(3):332–342.
[5] 王修启,邢宝松,张兆敏.小麦基础日粮中添加木聚糖酶对肉鸡生产性能的影响[J].河南农业科学,2004(1):44–47.
[6] 刘稳,高培基.半纤维素酶的分子生物学[J].纤维素科学与技术,1998,6(1):9–15.
[7] 蒋桂韬.小麦型日粮添加细菌性木聚糖酶对黄羽肉鸡生产性能的影响及作用机理研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2009:18–29.
[8] 叶世超,薛婷,何文锦,等.木聚糖酶的应用及其研究进展[J].中国酿造,2013,32(7):8–10.
[9] 张磊,龚月生,王鹏宇,等.日粮中添加木聚糖酶对肉鸡生产性能、养分利用率及血液生化指标的影响[J].西北农业学报,2010,19(6):34–37,73.
[10] 孙永刚,杜思刚,王志祥,等.不同营养水平的小麦日粮添加木聚糖酶对肉仔鸡生长性能及胃肠组织形态的影响[J].江西农业学报,2010,22(5):145–148.
[11] 吕秋凤,文宗雪,王聪,等.包被及不同水平木聚糖酶对肉鸡生长性能、免疫器官及消化器官发育的影响[J].动物营养学报,2013,25(11):2649–2659.
[12] 吕秋凤,宁志利,王振勇,等.不同来源木聚糖酶及其组合对肉仔鸡生长性能和养分代谢率的影响[J].沈阳农业大学学报,2010,41(3):350–353.
[13] 王海英,呙于明,袁建敏.小麦日粮中添加木聚糖酶对肉仔鸡生产性能的影响[J].饲料研究,2003(12):1–5.
[14] 王金全,蔡辉益,陈宝江,等.小麦日粮中添加木聚糖酶对肉仔鸡生产性能、免疫、消化器官发育和血液代谢激素水平的影响[J].河北农业大学学报,2005,28(1):73–76.
[15] IKEGAMI S,TSUCHIHASHI F,HARADA H,et al.Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats[J].The Journal of Nutrition,1990,120(4):353–360.
[16] MARQUARDT R R,BRENES A,ZHANG Z Q,et al.Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs[J].Animal Feed Science and Technology,1996,60(3/4):321–330.
[17] MATHLOUTHI N,LALLES J P,LEPERCQ P,et al.Xylanase and β-glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and increase villus size of small intestine wall in broiler chickens fed a rye-based diet[J].Journal of Animal Science,2002,80(11):2773–2779.
[18] ENGBERG R M,HEDEMANN M S,STEENFELDT S,et al.Influence of whole wheat and xylanase on broiler performance and microbial composition and activity in the digestive

chinaXiv:201711.00567v1

ChinaXiv合作期刊

tract[J].Poultry Science,2004,83(6):925–938.

[19] 高俊勤,江芸,张耀,等.木聚糖酶对肉仔鸡后肠道微生物的影响[J].草业学报,2008,17(5):104–110.

[20] 钱利纯,孙建义,许梓荣.大麦糠麸饲粮中添加复合酶制剂对畜禽消化性能的影响[J].中国畜牧杂志,2002,38(3):14－16.

[21] WU Y B,RAVINDRAN V,THOMAS D G,et al.Influence of method of whole wheat inclusion and xylanase supplementation on the performance,apparent metabolizable energy,digestive tract measurements and gut morphology of broilers[J].British Poultry Science,2004,45(3):385–394.

[22] VIT P,CIOCCIA A M,BRITO O,et al.Hepatic purine enzymes and uric acid excretion as indictors of protein quality in chicks fed graded *L*-lysine diets[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,1993,62(4):369–374.

[23] 韩正康.大麦日粮添加酶制剂影响家禽营养生理及改善生产性能的研究[J].畜牧与兽医,2000,32(1):1–4.

[24] KELLEY K W.Cross-talk between the immune and endocrine systems[J].Journal of Animal Science,1988,66(8):2095–2108.

chinaXiv:201711.00567v1

Comparison of Effects of Xylanase Production by Fungus and Bacteria on Growth Performance, Small Intestine Morphology and Some Blood Biochemical Indices of Yellow-Feathered Broilers

CHEN Fengming CHEN Qinghua* WANG Xiong DING Zenghui

(*College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha* 410128, *China*)

Abstract: This article was aimed to discuss the effects of two kinds of xylanase on growth performance, digestive organ development, small intestine morphology and blood biochemical indices of yellow-feathered broilers. A total of 540 one-day-old healthy yellow-feathered broilers were randomly divided into 3 groups, and each group had 6 replicates of 30 broilers each. The broilers in control group were fed a corn-wheat-soybean basal diet, and in experimental groups A and B were fed basal diets supplemented with 200 g/t xylanase production by fungus and bacteria, respectively. The experiment lasted for 42 d. The results showed as follows: compared with the control group, 1) the average daily gain in experimental groups was significantly increased (P<0.05), feed to gain ratio had some decrease wherein experimental group A was significantly decreased (P<0.05). 2) Serum glucose content, activities of alkaline phosphatase enzyme and creatine kinase enzyme in experimental groups were significantly increased (P<0.05), whereas, contents of serum triglyceride and urea nitrogen were significantly decreased (P<0.05). 3) The relative weight of proventriculus and pancreas in experimental groups was significantly reduced (P<0.05). 4）In addition, villus height in experimental groups A and B was increased by 14.81% and 11.04% (P<0.05), as well as the villus height to crypt depth ratio was significantly improved

by 16.61% and 12.70% (P<0.05). The results indicate that 200 g/t xylanase production by fungus or bacteria supplementation in diet can enhance small intestine morphology and immune ability and improve the growth performance of yellow-feathered broilers, and there are no significant difference between them.

Key words: xylanase; wheat based diets; yellow-feathered broilers; small intestinal villus

---

*Corresponding author, associate professor, E-mail: chqh314@163.com (责任编辑　田艳明)

chinaXiv:201711.00567v1